第４講　生態系から，分子まで掘り下げる

2018 年度 試行調査 第４問＆演習問題

■ 2018年度 試行調査

第４問　次の文章を読み，下の問い（**問１〜５**）に答えよ。

〔**解答番号** 1 〜 6 〕（配点　18）

　ある市郊外の広大な草原に生息しているリス科の小動物（以下，リス）は，この地方の象徴として愛されている。先頃，草原の近くに商業施設を誘致し，生息地を分断して道路を建設する計画が持ち上がった。「豊かな財政と高い生物多様性を市にもたらす」が公約の市長は難しい判断を迫られることになった。「分断しても全体の面積はほとんど変わらないが，分断によって，(a)生息地が細分化されたり，(b)個体群が小さな集団に分けられたりするだろう。このまま計画を進めても大丈夫だろうか」と懸念した市長は，調査官としてあなたを招き，リスの個体群の状態と生息地の分断の影響について，調査を依頼した。次の**表１**は，あなたが調査した結果をもとに作成したリスの生命表である。ただし，６歳以上の個体はいなかった。なお，**表１**ではオスとメスを区別せずに示している。

表 1

x：年齢	N_x	ℓ_x	p_x	m_x	$\ell_x m_x$
0	180	1.00	0.25	0.0	0.000
1	45	0.25	0.60	1.1	0.275
2	27	0.15	0.59	2.1	0.315
3	16	0.09	0.56	2.2	0.198
4	9	0.05	0.56	2.5	0.125
5	5	0.03	0.00	2.9	0.087
合計	282			10.8	1.000

N_x　：x 歳の初めの個体数

l_x　：N_x/N_0，0 歳の初めの個体数に対する x 歳の初めまで生存した個体数の比率

p_x　：N_{x+1}/N_x，x 歳の初めから $(x+1)$ 歳の初めまでの生存率

m_x　：x 歳の個体が産んだ子の平均数

$\ell_x m_x$：ℓ_x と m_x の積

問 1　表 1 の $\ell_x m_x$ から推定される，リスの個体群の大きさの変化に関する記述として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 1

① ほとんど変化していない。

② 急激に増加している。

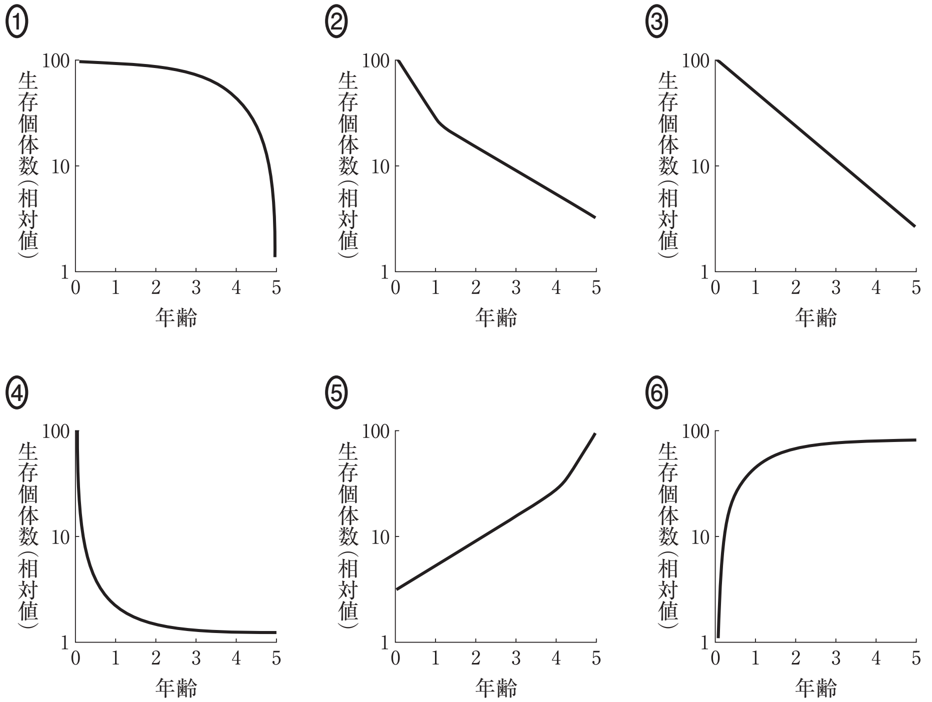
③ 急激に減少している。

④ 年ごとに増加と減少を繰り返し，その振れ幅は年々増加している。

⑤ 年ごとに増加と減少を繰り返し，その振れ幅は年々減少している。

⑥ 一度増加した後に，減少に転じている。

問２　表１のデータをもとに描いたリスの生存曲線として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **2**



問３　下線部(a)に関連して，次の生態学的な指標ⓐ～ⓒのうち，リスの生息地が分断されて小さくなるほど減少すると考えられる指標はどれか。それらを過不足なく含むものを，下の①～⑦のうちから一つ選べ。 **3**

ⓐ　各生息地のリスの個体群の環境収容力（ある環境が維持できる個体数の上限）

ⓑ　各生息地内のリスの捕食者の個体数

ⓒ　各生息地内の生息環境の多様性

①　ⓐ	②　ⓑ	③　ⓒ	④　ⓐ，ⓑ
⑤　ⓐ，ⓒ	⑥　ⓑ，ⓒ	⑦　ⓐ，ⓑ，ⓒ	

問４　下線部(b)に関連して，生息地が分断されて個体群が小さくなることで，絶滅のリスクが上昇する理由として適当なものを，次の①～⑤のうちから二つ選べ。ただし，解答の順序は問わない。 4 ・ 5

① 近親交配に伴うℓ_xの上昇
② 近親交配に伴うm_xの低下
③ 偶然に個体数がゼロになる確率の上昇
④ 種間競争の緩和による競争排除の減少
⑤ 共倒れ型の種内競争の激化

問５　下線部(b)に関連して，世代の経過とともに各小集団の遺伝子型の構成が変化することで，遺伝的多様性に影響する場合を考える。次の**図１**は，ある集団から無作為に抽出した20個体について，ある遺伝子座の遺伝子型の構成を塩基配列で表している。この集団が多くの小集団に分断され，それ以降多くの世代が経過したとする。その時点で無作為に複数の小集団について調べたときに，各小集団の遺伝子型の構成として現れる**可能性が最も低いもの**を，次ページの①～④のうちから一つ選べ。ただし，これらの遺伝子型は，自然選択に対して中立であるものとする。［　6　］

個体１	...ACG**S**AAT...	個体11	...ACG**C**AAT...
個体２	...ACG**S**AAT...	個体12	...ACG**G**AAT...
個体３	...ACG**C**AAT...	個体13	...ACG**G**AAT...
個体４	...ACG**G**AAT...	個体14	...ACG**S**AAT...
個体５	...ACG**S**AAT...	個体15	...ACG**S**AAT...
個体６	...ACG**S**AAT...	個体16	...ACG**S**AAT...
個体７	...ACG**G**AAT...	個体17	...ACG**G**AAT...
個体８	...ACG**C**AAT...	個体18	...ACG**S**AAT...
個体９	...ACG**S**AAT...	個体19	...ACG**C**AAT...
個体10	...ACG**C**AAT...	個体20	...ACG**S**AAT...

各個体で，A，T，G，およびCはそれぞれの塩基のホモ接合であることを，
SはGとCのヘテロ接合であることを表す。

図１

①	②	③	④
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGCAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGGAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGCAAT...
⋮	⋮	⋮	⋮
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGCAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGCAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGCAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGCAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGCAAT...
⋮	⋮	⋮	⋮
...ACGGAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGGAAT...
...ACGGAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGGAAT...
...ACGGAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGGAAT...
...ACGGAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGGAAT...
...ACGGAAT...	...ACGCAAT...	...ACGSAAT...	...ACGGAAT...
⋮	⋮	⋮	⋮
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGGAAT...	...ACGGAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGGAAT...	...ACGSAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGGAAT...	...ACGSAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGGAAT...	...ACGCAAT...
...ACGCAAT...	...ACGCAAT...	...ACGGAAT...	...ACGGAAT...
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

■ 演習問題

1　次の文章（A・B）を読み，下の問い（**問１〜５**）に答えよ。

A　植物は，大気中の二酸化炭素（CO_2）を取り込み，光合成によって有機物に変換して自らの生育に役立てている。植物の CO_2 の吸収速度は，光合成器官である葉の量と葉の光合成速度の積に比例する。したがって，植物の葉の量が変わらない場合，葉の光合成速度は，植物の CO_2 吸収速度から見積もることができる。例えば，(a)熱帯や亜熱帯を原産地とする多くの植物は，低温にさらされると CO_2 の吸収速度が大きく低下することから，低温により葉の光合成速度が低下することがわかる。

植物が CO_2 を吸収すれば，それに伴って植物体の周囲の CO_2 濃度は低下し，同時に，光合成によって酸素(O_2)濃度は上昇する。そして，この変化は，地球の大気の CO_2 濃度や O_2 濃度にも反映される。次の**図１**は，ハワイのマウナロア山で測定された大気中の CO_2 濃度の季節変動のグラフである。(b)この CO_2 濃度の変動は，地球規模での光合成の季節変動を反映していると考えられる。植物の光合成では，CO_2 の吸収と O_2 の放出が起こるため，(c)O_2 濃度についても季節変動がみられる。

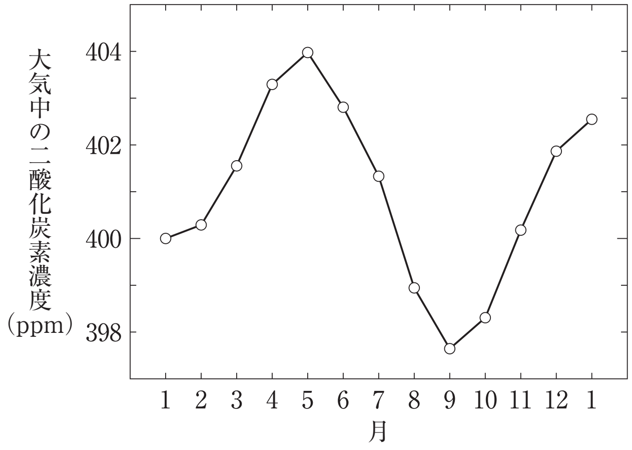


図１

問１　下線部(a)に関連して，低温による CO_2 吸収速度の低下の原因が，気孔の閉鎖によるものなのか，それとも葉緑体の機能の低下によるものなのかを明らかにするためには，低温処理の前後で何を比較するのがよいか。最も適当なものを，次の①〜⑤のうちから一つ選べ。［ 1 ］

① 葉の面積
② 暗所においた葉の中の ATP の量
③ 光照射時の葉の周囲の CO_2 濃度
④ 光照射時の葉の周囲の O_2 濃度
⑤ 光照射時の葉の細胞の間の CO_2 濃度

問２　下線部(b)に関連して，大気中の CO_2 濃度が光合成による影響を最も大きく受けているのは，上の**図１**から考えるとどの時期か。最も適当なものを，次の①〜ⓑのうちから一つ選べ。［ 2 ］

① １月から２月	② ２月から３月	③ ３月から４月
④ ４月から５月	⑤ ５月から６月	⑥ ６月から７月
⑦ ７月から８月	⑧ ８月から９月	⑨ ９月から10月
⓪ 10月から11月	ⓐ 11月から12月	ⓑ 12月から１月

問３　下線部(c)に関連して，もし地球上の光合成をする生物が，次の①〜⑥の生物のいずれかだけになったと仮定した場合，大気中の O_2 濃度の季節変動が最も小さくなるのは，どの生物の場合だと考えられるか。最も適当なものを，①〜⑥のうちから一つ選べ。［ 3 ］

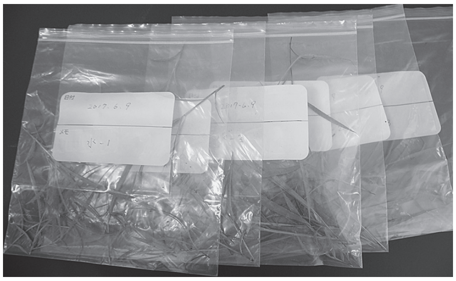
① 被子植物	② 裸子植物
③ コケ植物	④ 緑藻類
⑤ シアノバクテリア	⑥ 緑色硫黄細菌などの光合成細菌

B　あるクラスで，探究活動のテーマとして，除草剤が植物を枯らすしくみを取り上げることになった。除草剤の一つであるＸについて，有効成分の作用をインターネットで調べてみたら，グルタミン合成酵素を阻害するとあった。グルタミン合成酵素は，アンモニウムイオン（NH_4^+）とグルタミン酸からグルタミンをつくる反応を触媒する。できたグルタミンはケトグルタル酸との反応で，２分子のグルタミン酸となる。そして，グルタミン酸からのアミノ基の転移が，様々な有機窒素化合物の生成につながっていく。このため，グルタミン合成酵素が阻害されると，(d)有機窒素化合物ができなくなって欠乏するとともに，(e)NH_4^+が蓄積する。これらの情報を踏まえて，Ｘについてさらに探究を進めた。

問４　探究の手始めに，NH_4^+の濃度を簡単に測定できる市販の試薬キットを使って，植物をＸで処理したときに実際にグルタミン合成の阻害が起きているかどうかを確かめてみることにした。計画した実験の手順は，次の(1)～(4)のとおりである。

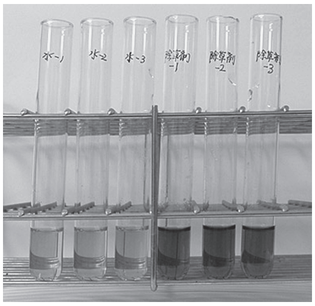
(1)　同じ場所に生えている同じ種類の植物を６つの実験区に分けて，三つにはＸの水溶液を，残り三つには水を噴霧する。

(2)　一定時間後に各実験区から全ての植物個体の地上部を回収する。



(3)　NH_4^+ がアンモニア（NH_3）になって揮発するのを防ぐために植物を希塩酸に浸し，すりつぶして抽出液を得る。

(4)　得られた抽出液の NH_4^+ 濃度を試薬キットを使って測定する。



全実験区の結果を直接比較するためには，どのようにして抽出すればよいか。その方法として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 **4**

① 生のままの植物に，一定量の希塩酸を加える。
② 植物の重さを生のまま測って，重さに比例した量の希塩酸を加える。
③ 植物を乾燥させた後に，一定量の希塩酸を加える。
④ 植物を乾燥させてから重さを測って，重さに比例した量の希塩酸を加える。

問５　図書館で調べてみたら，NH_4^+ から生じる NH_3 は植物にとって有害であることがわかった。このことから，下線部(d)と(e)のどちらも，Ｘで植物が枯れる原因となり得ると考えた。これらの可能性を念頭において，Ｘによる植物枯死の主な原因を調べるための実験についてクラスで議論をしたところ，５つの班から異なる実験の案が出た。

次のＡ班案～Ｅ班案のそれぞれについて，主な原因が下線部(d)と(e)のどちらであるかを判定するための根拠となる情報が得られる場合は①を，得られない場合は②をマークせよ。

Ａ班案 [5] ：十分に高い濃度のＸの水溶液を噴霧し，同時にグルタミン酸を与えた場合と与えない場合とで，植物が枯れるまでの時間を比べる。

Ｂ班案 [6] ：十分に高い濃度のＸの水溶液を噴霧し，同時にグルタミンを与えた場合と与えない場合とで，植物が枯れるまでの時間を比べる。

Ｃ班案 [7] ：十分に高い濃度のＸの水溶液を噴霧し，同時にケトグルタル酸を与えた場合と与えない場合とで，植物が枯れるまでの時間を比べる。

Ｄ班案 [8] ：土壌に窒素肥料を施した条件と施していない条件とで，いろいろな濃度のＸの水溶液を噴霧し，植物を枯らすのに必要なＸの濃度を比べる。

Ｅ班案 [9] ：Ｘの水溶液を噴霧せずに，高濃度の NH_3 水溶液を植物に与えて，NH_3 の処理だけで枯れるかどうかを調べる。

（2017 年度　試行調査　第３問）

< Note >

第４講　生態系から，分子まで掘り下げる　解答

2018年度 試行調査 第4問＆演習問題

■ 2018年度 試行調査

問題番号（配点）	設問	解答番号	正解	配点
第４問 (18)	1	1	1	3
	2	2	2	3
	3	3	7	4
	4	4－5	2－3	4＊4
	5	6	3	4

（注）
＊４は，両方正解の場合のみ点を与える。
－（ハイフン）でつながれた正解は，順序を問わない。

■ 演習問題

問題番号	設問	解答番号	正解
1	問１	1	5
	問２	2	7
	問３	3	6
	問４	4	2
	問５	5	1
		6	1
		7	2
		8	1
		9	2

< Note >